



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2001年 1月31日

出願番号  
Application Number:

特願2001-022931

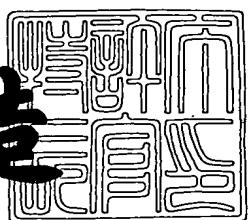
出願人  
Applicant(s):

株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3070873

【書類名】 特許願

【整理番号】 002256

【提出日】 平成13年 1月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 吉川 省二

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 野路 伸治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 曽布川 拓司

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 新大手町ビル2  
06区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 村本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

特2001-022931

【包括委任状番号】 0010958

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ビーム応用装置及びそれを用いた半導体製造プロセス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ビームを物質に照射することにより、該物質の加工、製造、観測及び検査のうち少なくともいずれかを実行するビーム応用装置であって、前記物質に対するビームの位置を定める機械構造体と、前記機械構造体の振動により力を受けるように該機械構造体に取り付けられた、圧電素子と、前記圧電素子に電気的に接続され、該圧電素子から出力された電気エネルギーを減衰させる、振動減衰用回路と、を含む、ビーム応用装置。

【請求項 2】 前記振動減衰用回路は、インダクタンスを持つ素子若しくは該素子の等価回路としての誘導性手段を少なくとも備え、該誘導性手段と、静電容量を持つ前記圧電素子とが接続されることにより共振回路が形成され、前記共振回路の共振周波数が、前記機械構造体の共振周波数に実質的に一致するように、前記圧電素子の静電容量に対する前記誘導性手段のインダクタンスが定められている、請求項 1 に記載のビーム応用装置。

【請求項 3】 前記振動減衰用回路内に、抵抗素子を更に有する、請求項 2 に記載のビーム応用装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のビーム応用装置を用いて、半導体デバイスの加工及び製造、並びに、加工中又は完成品の半導体デバイスの観測及び検査のうち、少なくともいずれかを実行する工程を備えた半導体製造プロセス。

【請求項 5】 ビームを物質に照射することにより該物質の加工、製造、観測及び検査のうち少なくともいずれかを実行するビーム応用装置の機械的振動を減衰するための制振方法であって、

前記機械的振動により力を受けるように圧電素子を設置し、静電容量を持つ前記圧電素子に、インダクタンスを持つ素子若しくは該素子の等価回路としての誘導性手段を少なくとも接続することにより共振回路を形成し

前記共振回路の共振周波数が前記機械的振動の共振周波数に実質的に一致するように、前記圧電素子の静電容量に対して前記誘導性手段のインダクタンスを定めた、ことを特徴とする、制振方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子等の荷電粒子、中性粒子或いはレーザーなどのビームを物質の目標位置に照射することにより、当該物質の加工、製造、観測及び検査のうち少なくともいずれかを実行するビーム応用装置に係り、より詳しくは、ビームを位置決めする機械構造体に生じる不要な機械的振動を減少させたビーム応用装置、制振方法、並びに、これを用いて半導体デバイスの加工、製造、観測及び検査のうち少なくともいずれかを実行する工程を備えた半導体製造プロセスに関する。

【0002】

【従来技術】

一般に、電子ビームを用いて物質の微細な構造を観測する手法に、ウェーハ等に形成されたパターンの欠陥を検査する検査装置や走査型電子顕微鏡（SEM）等が有るが、観測分解能が  $\mu\text{m}$ ～数十  $\text{nm}$  であるため、外部からの振動を十分に除振して観測を行う必要がある。また、電子ビームを用いて露光を行う装置においても、電子ビームを偏向させ、目標位置に正確にビーム照射するためには、外部からの振動を十分に除振するための除振装置を用い、且つ、鏡筒部分の構造から生じる機械的共振によるふらつきを出来るだけ小さくするために、剛性を上げる必要がある。構造体の剛性を上げるために、電子光学系による物理的な寸法制約があることから、小型化による剛性の向上は取りづらく、従って鏡筒部分の肉厚化、大型化等により剛性向上が成されることが多かった。しかし、この方法による剛性向上は、装置の重量化、形状制限、除振台の大型化などを含む設計上の自由度の拘束、並びに、経済的な面を含めて不利な面が多々有った。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記事実に鑑みなされたもので、ビームを位置決めする機械構造体の共振による不要な振動を、必ずしも機械構造体の剛性を向上させなくても、ビームの位置決めを高精度に維持できるよう適切に減衰可能とすることにより、設計上の制約の緩和、装置の小型軽量化、経済性の向上を実現させたビーム応用装置を提供することを目的とする。

## 【0004】

更に、本発明は、半導体デバイスの製造工程において、上記のようなビーム応用装置を用いることにより、効率良く製造、検査、加工、観測等が可能となる、半導体製造プロセスを提供することを別の目的とする。

## 【0005】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は、ビームを物質に照射することにより、該物質の加工、製造、観測及び検査のうち少なくともいずれかを実行するビーム応用装置であって、物質に対するビームの位置を定める機械構造体と、機械構造体の振動により力を受けるように該機械構造体に取り付けられた、圧電素子と、圧電素子に電気的に接続され、該圧電素子から出力された電気エネルギーを減衰させる、振動減衰用回路と、を含んで構成したものである。

## 【0006】

本発明では、ビームを物質に照射して該物質の加工、製造、観測及び検査のうち少なくともいずれかを実行するとき、機械構造体に、その固有振動の共振周波数の振動成分を含む外力が加わると、該機械構造体は、その伝達関数で定まる共振倍率でこの振動成分を增幅させて振動する。この振動は、圧電素子に力を加える。圧電素子は、機械構造体の振動エネルギーを一旦電気エネルギーに変換して出力するが、振動減衰用回路が、この電気エネルギーを減衰させるため、圧電素子に加わる外力を相殺するように圧電素子は力を発生することになる。これにより、機械共振により発生する振動を相殺し、共振倍率を下げることが可能となる。

## 【0007】

ここでいうビームは、電子等の荷電粒子線、中性粒子線、電磁波或いはレーザ

ーなどのビームを包含する。機械構造体は、ビーム応用装置で問題となる振動を生じる部分若しくはその全体であり、ビームを位置決めする任意の機械的構造物である。例えば、ビームを物質に結像させるための光学系の光学部品、このような光学系を収容する鏡筒、物質を載置する支持台、或いは、ビームを物質に照射したことにより発生する二次的なビームを検出器に結像させるための光学系の光学部品、このような光学系を収容する鏡筒、検出器を収容する鏡筒等である。

#### 【0008】

本発明の好ましい態様では、振動減衰用回路はインダクタンスを持つ素子若しくは該素子の等価回路としての誘導性手段を少なくとも備え、該誘導性手段と、静電容量を持つ圧電素子とが接続されることにより共振回路が形成され、該共振回路の共振周波数が、機械構造体の共振周波数に実質的に一致するように、圧電素子の静電容量に対する誘導性手段のインダクタンスが定められている。

#### 【0009】

更に好ましくは、振動減衰用回路内に、抵抗素子が更に備えられる。この態様によれば、共振周波数において、圧電素子の容量性インピーダンスと、誘導性手段のインピーダンスとは相殺され、共振回路のインピーダンスは、事実上、抵抗素子のみとなる。従って、共振時には、圧電素子から出力される電気エネルギーは、抵抗素子によりほぼ全部熱エネルギーとして消費される。

#### 【0010】

本発明のビーム応用装置を用いて、半導体デバイスの加工及び製造、並びに、加工中又は完成品の半導体デバイスの観測及び検査のうち、少なくともいずれかを実行する工程を備えた半導体製造プロセスが実現できる。

#### 【0011】

本発明の他の態様及び作用効果は、以下の説明によって更に明らかとなる。

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の各実施形態を添付図面を参照して説明する。

(第1の実施形態；電子ビーム検査装置)

第1の実施形態では、本発明のビーム応用装置を、電子ビームを用いて半導体

ウェーハの欠陥の検査を行う電子ビーム検査装置に適用した例を示す。

【0013】

図1に示す第1の実施形態に係る電子ビーム検査装置1は、いわゆる写像投影型で、Aブロック及びこのAブロックから斜め上方に突出するBブロックの機械構造体を有する。Bブロック内には一次電子線を照射する一次電子照射手段が配置され、Aブロック内には二次電子を写像投影するための写像投影光学系と、二次電子の強度を検出する撮像手段とが含まれる。Aブロックは、最下の固定台30に連結される。

【0014】

Bブロック内に配置された一次電子照射手段は、一次電子線を放出、加速するためカソード及びアノードから構成された電子銃1a、一次電子線を長方形に整形する長方形開口2a、及び、一次電子線を縮小結像させる4極子レンズ2bを備える。Aブロックの下部には、縮小された一次電子線を電場E及び磁場Bの直交する場で半導体ウェーハ5に略垂直に当たるように偏向させるE×B偏向器6、開口アーチャ（N.A.）7、及び、該開口アーチャを通過した一次電子線をウェーハ5上に結像させる対物レンズ8、が配置される。

【0015】

ここで、4極子レンズ2bによって縮小された一次電子線は、E×B偏向器6の偏向正面に例えば $500\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$ の像を形成すると同時に開口アーチャ7に電子銃1aのクロスオーバー像を形成し、ケーラー証明条件が満たされるようにしている。対物レンズ8によって、ウェーハ7上には例えば $100\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ の像が形成され、当該領域が照明される。

【0016】

ウェーハ5は、真空に排気可能な図示しない試料室内に配置され、且つ、X-Y水平面内を移動可能なステージ4の上に配置されている。ここで、Aブロック及びBブロックと、XYZ直交座標系との関係を図2(a)に示す。X-Y水平面にウェーハ面があり、Z軸は写像投影光学系の光軸に略平行となる。ステージ4がウェーハ5を載置した状態でX-Y水平面内を移動することによって、ウェーハ5の検査面が一次電子によって順次走査される。なお、ステージ4は固定台

30の上に載置される。

【0017】

Aブロックの上部に配置された写像投影光学系は、中間静電レンズ9及び投影静電レンズ11と、これらレンズの中間に配置された絞り10と、を備える。一次電子線の照射によりウェーハ5から放出された二次電子、反射電子及び散乱電子は、この写像投影光学系によって、所定の倍率（例えば200～300倍）で拡大投影され、後述するマルチチャンネルプレート21の下面に結像される。

【0018】

Aブロックの最上部に配置された撮像手段は、マルチチャンネルプレート21と、蛍光スクリーン22と、リレー光学系23と、撮像部24と、を備える。マルチチャンネルプレート21は、プレート内に多数のチャンネルを備えており、静電レンズ9及び11によって結像された二次電子が該チャンネル内を通過する間に、更に多数の電子を生成させる。即ち、二次電子を増幅させる。蛍光スクリーン22は、増幅された二次電子が照射されることにより、二次電子の強度に応じた強さの蛍光を発する。即ち、二次電子の強度が光の強度に変換される。リレーレンズ23がこの蛍光を撮像部24に導くように配置される。撮像部24は、リレーレンズ23により導かれた光を電気信号に変換するための多数のCCD撮像素子から構成される。検出信号のS/N比を向上させるため、いわゆるTDI (Time Delay Integral) 検出器を用いるのが好ましい。なお、一次電子の照射によって、二次電子だけでなく散乱電子や反射電子も発生するが、ここでは一括して二次電子と称することにする。

【0019】

ところで、Aブロック及びこれに連結されたBブロックの機械構造体からなる鏡筒46は、通常、一つ又はそれ以上の固有振動モードを有する。各固有振動モードの共振周波数及び共振方向は、形状、質量分布、サイズ、内部の機械の配置形態等によって決定される。例えば、図2(b)に示すように、鏡筒46は、固有振動88のモード1を少なくとも有する。このモード1において、鏡筒46は、例えば略Y方向に沿って150Hzの周波数で揺れる。この場合の鏡筒の伝達関数の一例を図4に示す。図4では、横軸が周波数、縦軸が振動振幅Aの対数で

ある。この伝達関数では、共振周波数150Hzにおいて共振倍率30dB（約30倍）のゲインを有する。従って、外部から微少な振動が加わった場合でも、その振動に150Hz近傍の周波数成分が含まれていると、その周波数成分はこの例では約30倍に増幅されて鏡筒を振動させる。この結果、写像のボケ等の有害な事象を発生させる。

#### 【0020】

従来技術では、これを防止するため、鏡筒全体を除振台の上に載せて外部からの振動を除振するか、及び／又は、鏡筒の肉厚や構造を見直し、共振倍率を下げる等の大掛かりな対策を行っていた。

#### 【0021】

本発明の実施形態では、これを避けるため、図2(c)に示すように、振動88を打ち消すように鏡筒に対し圧力振動90を加えるアクチュエータ25をAブロックの基部に設置する。このアクチュエータ25は、図1に示すように、振動減衰用回路27に電気的に接続されている。

#### 【0022】

アクチュエータ25及び振動減衰用回路27の概略構成を図3に示す。同図に示すように、アクチュエータ25は、圧電効果を有する誘電体51を電極52a及び52bで挟んでなる圧電素子50と、該圧電素子50を電極52b側から支持するため固定台30に固定された支持台54と、を有する。圧電素子50は、鏡筒46のAブロックと、支持台54との間に挟まれており、電極52aは、Aブロックの外壁に、電極52bは支持台54に接着されている。これにより、圧電素子50は、往復振動88により、鏡筒46が向かってくるときは正の圧力、鏡筒46が遠ざかるときは負の圧力を受ける。圧電素子50は、鏡筒46の振動88を抑制するため効果的な位置に設置される。例えば、振動88の方向が、電極52a及び52bと直交するように配置されるのが好ましい。

#### 【0023】

振動減衰用回路27は、圧電素子50の両電極52a、52bの間を直列に接続された可変インダクタンス58及び抵抗56から構成される。可変インダクタンス58はインダクタンスL、抵抗56は抵抗値R<sub>D</sub>、圧電素子50は電気容量

Cを有するため、直列接続された圧電素子50及び振動減衰用回路27は、参照番号60により示される直列共振回路と等価となる。この直列共振回路の共振周波数 $f_0'$ は、

【0024】

【数1】

$$f_0' = 1 / 2 \pi \sqrt{LC}$$

【0025】

で表される。本発明では、直列共振回路の共振周波数 $f_0'$ が鏡筒46の共振周波数 $f_0$ に略一致するように、各パラメータが設定される。即ち、与えられた圧電素子50の電気容量Cに対して、

【0026】

【数2】

$$f_0 = 1 / 2 \pi \sqrt{LC}$$

【0027】

が成立するように、可変インダクタンス58のインダクタンスLが調整される。実際には、圧電素子50の容量Cは、機械的共振周波数に合わせて共振回路を形成する上では小さく、このため非常に大きなインダクタンスLを必要とする場合が多いが、この場合には演算増幅器等を用いて等価的に大きなインダクタンスを形成することで共振回路を実現することができる。

【0028】

また、直列共振回路の共振周波数成分のQ値が、図4に示す伝達関数においてピークを持つ共振成分のQ値に略一致するように、抵抗56の値 $R_D$ が選択される。このようにして作られた直列共振回路60は、図4の参照番号84により示される電気的周波数特性を有する。

【0029】

本実施形態の電子ビーム検査装置1は、制御部16によって制御・管理される。制御部16は、図1に例示されたように、汎用的なパーソナルコンピュータ等

から構成することができる。このコンピュータは、所定のプログラムに従って各種制御、演算処理を実行する制御部本体14と、本体14の処理結果を表示するCRT15と、オペレータが命令を入力するためのキーボードやマウス等の入力部18と、を備える、勿論、電子ビーム検査装置専用のハードウェア、或いは、ワークステーションなどから制御部16を構成してもよい。

### 【0030】

制御部本体14は、図示しないCPU、RAM、ROM、ハードディスク、ビデオ基板等の各種制御基板等から構成される。RAM若しくはハードディスクなどのメモリ上には、撮像部24から受信した電気信号即ちウェーハ5の二次電子画像のデジタル画像データを記憶するための二次電子画像記憶領域20が割り当てられている。また、ハードディスク上には、予め欠陥の存在しないウェーハの基準画像データを記憶しておく基準画像記憶部13が存在する。更に、ハードディスク上には、電子ビーム検査装置全体を制御する制御プログラムの他、欠陥検出プログラム19が格納されている。この欠陥検出プログラム19は、ステージ4のXY平面内の移動を制御すると共に、この間に撮像部24から受信したデジタル画像データに関して加算等の各種演算処理を行い、その結果得られたデータから記憶領域20上で2次電子画像を再構成する機能を有する。更に、この欠陥検出プログラム19は、記憶領域20上で構成された二次電子画像データを読み出し、該画像データに基づき所定のアルゴリズムに従ってウェーハ5の欠陥を自動的に検出する。

### 【0031】

次に、本実施形態の作用を説明する。

電子銃1aから一次電子線を放出し、長方形開口2a、4極子レンズ2b、E×B偏向器6及び対物レンズ8を通して、セットされたウェーハ5表面上に照射する。上述のように、ウェーハ5上で例えば $100\mu m \times 50\mu m$ の被検査領域が照明され、二次電子が放出される。この二次電子線は、中間静電レンズ9及び投影静電レンズ11によってマルチチャンネルプレート21の下面に拡大投影され、撮像部24により撮像され、ウェーハ5上の投影された領域の二次電子線画像が得られる。ステージ4を駆動してウェーハ5を所定幅毎にX-Y水平面内で

逐次移動して上記手順を実行することにより、検査面全体の画像を得ることができる。

## 【0032】

拡大された二次電子線画像を撮像している間に、鏡筒46に共振周波数  $f_0$  (150 Hz) の振動成分を含む外力が加わると、鏡筒46は、その伝達関数で定まる共振倍率 (30 dB) でこの振動成分を増幅させて固有振動する。この振動は、圧電素子50に正負の圧力を印加する。圧電素子50は、鏡筒46の振動エネルギーを一旦電気エネルギーに変換して出力する。圧電素子50の両電極52a、52bには、インダクタンス58 (L) 及び抵抗56 ( $R_D$ ) が直列接続されて共振回路を形成しているため、共振周波数  $f_0$ において、圧電素子50の容量性インピーダンスと、インダクタンス58の誘導性インピーダンスLとは相殺され、共振回路のインピーダンスは、事実上、抵抗56 ( $R_D$ ) のみとなる。従って、共振時には、圧電素子50から出力される電気エネルギーは、抵抗56 ( $R_D$ ) によりほぼ全部消費される。かくして、鏡筒46から圧電素子50に加わる外力を相殺するように圧電素子50は力を発生することになり、機械共振により発生する振動88を相殺し、共振倍率を下げることが可能となる。二次電子線は拡大写像されるため、振動による写像の揺らぎは更に大きなものとなるが、本実施形態では、このような揺らぎに起因した写像のぼけを未然に防止することができる。

## 【0033】

図5に示すように、機械構造体としての鏡筒46の伝達関数82(図4相当)の共振成分は、電気的周波数特性84を持った直列共振回路60の共振成分により相殺され、鏡筒46は、全体として共振倍率の低い総合伝達関数86を持つようになることが理解されよう。

## 【0034】

以上のように写像のぼけの無い良好な二次電子線画像が得られると、本実施形態の電子ビーム検査装置1は、当該画像からウェーハ5の欠陥を検査する処理を行う。この欠陥検査処理として、いわゆるパターンマッチング法などを用いることができる。この方法では、基準画像記憶部1.3から読み出した基準画像と、実

際に検出された二次電子線画像とをマッチングして両者の類似度を表す距離値を演算する。この距離値が所定の閾値より小さい場合、類似度が高いと判断して「欠陥無し」と判定する。これに対し、該距離値が所定の閾値以上の場合、類似度が低いと判断して「欠陥有り」と判定する。欠陥有りと判定した場合、オペレータに警告表示してもよい。このとき、CRT15の表示部に二次電子画像17を表示するようにしてもよい。なお、二次電子線画像の部分領域毎に上記パターンマッチング法を用いてもよい。

## 【0035】

パターンマッチング法以外でも、例えば図6(a)～(c)に示す欠陥検査方法がある。

図6(a)には、1番目に検出されたダイの画像31及び2番目に検出された他のダイの画像32が示されている。3番目に検出された別のダイの画像が1番目の画像31と同じか又は類似と判断されれば、2番目のダイ画像32の33の部分が欠陥を有すると判定され、欠陥部分を検出できる。

## 【0036】

図6(b)には、ウェーハ上に形成されたパターンの線幅を測定する例が示されている。ウェーハ上の実際のパターン34を35の方向に走査したときの実際の二次電子の強度信号が36であり、この信号が予め較正して定められたスレッシュホールドレベル37を連続的に超える部分の幅38をパターン34の線幅として測定することができる。このように測定された線幅が所定の範囲内にない場合、当該パターンが欠陥を有すると判定することができる。

## 【0037】

図6(c)には、ウェーハ上に形成されたパターンの電位コントラストを測定する例が示されている。図1に示す構成において、ウェーハ5の上方に軸対称の電極39を設け、例えばウェーハ電位0Vに対して-10Vの電位を与えておく。このときの-2Vの等電位面は40で示されるような形状とする。ここで、ウェーハに形成されたパターン41及び42は、夫々-4Vと0Vの電位であるとする。この場合、パターン41から放出された二次電子は-2V等電位面40で2eVの運動エネルギーに相当する上向きの速度を持っているので、このポテン

シャル障壁40を越え、軌道43に示すように電極39から脱出し、検出器7で検出される。一方、パターン42から放出された二次電子は-2Vの電位障壁を越えられず、軌道44に示すようにウェーハ面に追い戻されるので、検出されない。従って、パターン41の検出画像は明るく、パターン42の検出画像は暗くなる。かくして、電位コントラストが得られる。検出画像の明るさと電位とを予め較正しておけば、検出画像からパターンの電位を測定することができる。そして、この電位分布からパターンの欠陥部分を評価することができる。

## 【0038】

本実施形態により得られた写像ぼけの無い良好な二次電子線画像から上記のような各測定を行うことにより、より高精度の欠陥検査が実現できることが理解されよう。

(第2の実施形態；半導体デバイスの製造方法)

第2の実施形態は、上記第1の実施形態で示した電子ビーム検査装置を半導体デバイス製造工程におけるウェーハの評価に適用したものである。

## 【0039】

デバイス製造工程の一例を図7のフローチャートに従って説明する。

この製造工程例は以下の各主工程を含む。

- ① ウェーハを製造するウェーハ製造工程（又はウェハを準備する準備工程）（ステップ100）
- ② 露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）（ステップ101）
- ③ ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程（ステップ102）
- ④ ウェーハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程（ステップ103）
- ⑤ 組み立てられたチップを検査するチップ検査工程（ステップ104）

なお、各々の工程は、更に幾つかのサブ工程からなっている。

## 【0040】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程

がウェーハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェーハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェーハプロセッシング工程は以下の各工程を含む。

- ① 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程 (CVDやスパッタリング等を用いる)
- ② 形成された薄膜層やウェーハ基板を酸化する酸化工程
- ③ 薄膜層やウェーハ基板等を選択的に加工するためにマスク (レチクル) を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程
- ④ レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程 (例えばドライエッチング技術を用いる)
- ⑤ イオン・不純物注入拡散工程
- ⑥ レジスト剥離工程
- ⑦ 加工されたウェーハを検査する検査工程

なお、ウェーハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

#### 【0041】

上記ウェーハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を図8のフローチャートに示す。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

- ① 前段の工程で回路パターンが形成されたウェーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程 (ステップ200)
- ② レジストを露光する露光工程 (ステップ201)
- ③ 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程 (ステップ202)
- ④ 現像されたパターンを安定化させるためのアニール工程 (ステップ203)

以上の半導体デバイス製造工程、ウェーハプロセッシング工程、リソグラフィー工程には周知の工程が適用される。

#### 【0042】

上記⑦のウェーハ検査工程において、本発明の上記各実施形態に係る電子ビーム検査装置を用いた場合、機械構造体の振動による検出画像の劣化を未然に防止

できるので、効率良く高精度の検査が可能となり、欠陥製品の出荷防止が実現できる。

#### 【0043】

以上が上記各実施形態であるが、本発明は、上記例にのみ限定されるものではなく本発明の要旨の範囲内で任意好適に変更可能である。

例えば、機械的な共振周波数とモードは、必ずしも一つではなく、一般には複数発生するので、その場合には、必要個数のアクチュエータ25を鏡筒の各要所に設置することで対応が可能となる。例えば、図2 (b) に示す機械構造体ブロックAがY方向の振動8.8だけではなくX方向の振動を有する場合、別個のアクチュエータをX方向の振動を相殺するように設置することができる。更に、BブロックやDブロックにも独立した固有振動がある場合、これらのブロックにもアクチュエータを設置してもよい。更には、振動減衰用回路27は、直列共振回路60と等価である必要はなく、機械的固有振動が同一振動方向に複数の共振周波数を持つ場合、当該回路の電気的周波数特性が複数の共振周波数を持つもので対抗することができる。

#### 【0044】

また、アクチュエータの設置箇所は、鏡筒だけではなく、ビーム位置を正確に位置付けるために必要な部品、例えばX-Yステージ4、或いは、各種光学器械の光学部品に適用することも可能である。

#### 【0045】

第1の実施形態の電子線ビーム検査装置の被検査試料として半導体ウェーハ5を例に掲げたが、本発明の被検査試料はこれに限定されず、電子線によって欠陥を検出することができる任意のものが選択可能である。例えばウェーハへの露光用パターンが形成されたマスク等をその検査対象とすることもできる。

#### 【0046】

更に、本発明は、電子以外の荷電粒子線、中性粒子、電磁波或いはレーザーなどのビームを物質の目標位置に照射するビーム応用装置全般に適用することができる。この場合、当該物質の検査のみならず、その加工、製造及び観測の少なくともいずれかを行う装置にも適用範囲を広げることができる。当然、ここでいう

物質の概念は、ウェーハや上記したマスクのみならず、ビームにより、その検査、加工、製造及び観測のうち少なくともいずれかが可能となる任意の対象物である。

## 【0047】

第2の実施形態の半導体製造プロセスにおいても、同様に、半導体デバイスの製造工程中の検査のみならず、半導体デバイスをビームで製造するプロセス自体にも適用することができる。

## 【0048】

なお、第1の実施形態の電子ビーム検査装置として、図1に示す構成を示したが、電子光学系等は任意好適に変更可能である。例えば、電子ビーム検査装置1の電子線照射手段は、ウェーハ5の表面に対して垂直上方から一次電子線を入射させる形式であるが、E×B偏向器6を省略し、一次電子線をウェーハ5の表面に斜めに入射させるようにしてもよい。

## 【0049】

## 【発明の効果】

以上詳細に説明したように本発明のビーム応用装置によれば、機械構造体の振動により力を受けるように該機械構造体に圧電素子を取り付け、該圧電素子から出力された電気エネルギーを減衰させる振動減衰用回路を該圧電素子に電気的に接続したので、ビームを位置決めする構造体の共振による不要な振動を、必ずしも構造体の剛性を向上させなくても、ビームの位置決めを高精度に維持できるよう適切に減衰可能となった。従って、設計上の制約の緩和、装置の小型軽量化、経済性の向上を実現させることができる、という優れた効果が得られる。

## 【0050】

半導体デバイスの製造工程において、上記のようなビーム応用装置を用いるようにしたので、半導体デバイスの効率良い製造、検査、加工、観測等が可能となる、という優れた効果が得られる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明に係るビーム応用装置の第1実施形態に係る電子ビーム検査装置の構成

図である。

【図2】

第1の実施形態に係る電子ビーム検査装置の機械構造体のブロックを概略的に示す図であって、(a)は電子ビーム検査装置と座標軸との関係、(b)は鏡筒の固有振動、(c)は、この固有振動を相殺するようにアクチュエータを取り付けた場合の図を示す。

【図3】

第1の実施形態に係る電子ビーム検査装置で用いられるアクチュエータ、振動減衰用回路、並びに、形成された直列共振回路の等価回路の構成を示す概略図である。

【図4】

第1の実施形態に係る電子ビーム検査装置の鏡筒の伝達関数を示すグラフである。

【図5】

第1の実施形態に係る電子ビーム検査装置における、鏡筒の伝達関数、直列共振回路の電気的周波数特性、総合伝達関数を示すグラフである。

【図6】

本発明に係るウェーハ検査方法を説明する図であって、(a)はパターン欠陥検出、(b)は線幅測定、(c)は電位コントラスト測定を夫々示す。

【図7】

半導体デバイス製造プロセスを示すフローチャートである。

【図8】

図7の半導体デバイス製造プロセスのうちリソグラフィープロセスを示すフローチャートである。

【符号の説明】

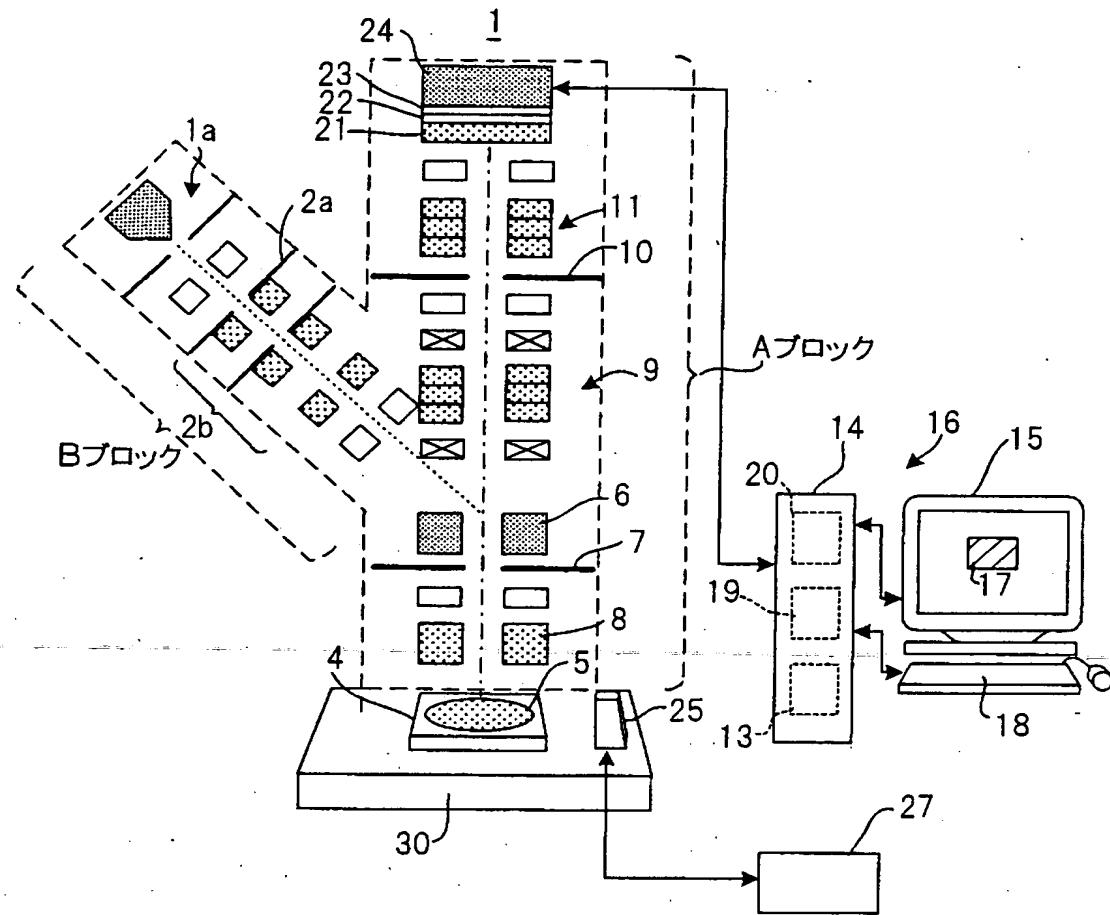
- 1 電子ビーム検査装置
- 1 a 電子銃
- 2 a 長方形開口
- 2 b 4極子レンズ

- 4 ステージ
- 5 半導体ウェーハ（試料）
- 6 E×B 偏向器
- 7 開口アパーチャ（N A）
- 8 対物レンズ
- 9 中間静電レンズ
- 10 絞り
- 11 投影静電レンズ
- 13 基準画像記憶部
- 15 C R T
- 16 制御部
- 17 二次電子画像
- 19 欠陥検査プログラム
- 20 二次電子画像記憶領域
- 21 マルチチャンネルプレート
- 22 蛍光スクリーン
- 23 リレー光学系 23
- 24 撮像部
- 25 アクチュエータ
- 27 振動減衰用回路
- 30 固定台
- 46 鏡筒
- 50 圧電素子
- 51 誘電体
- 52 a, 52 b 圧電素子の電極
- 54 支持台
- 56 抵抗素子 ( $R_D$ )
- 58 可変インダクタンス (L)
- 60 等価回路

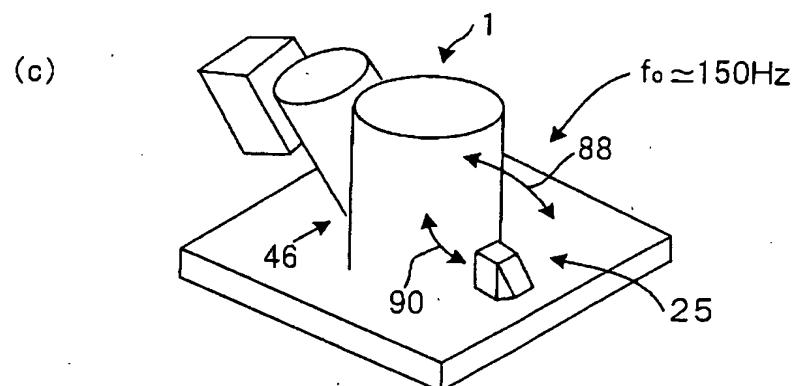
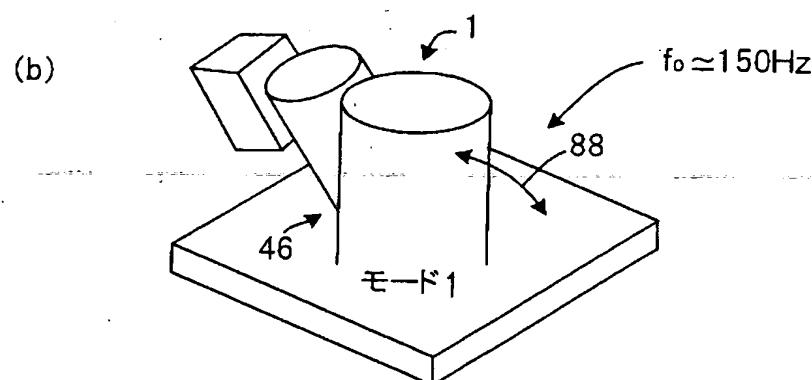
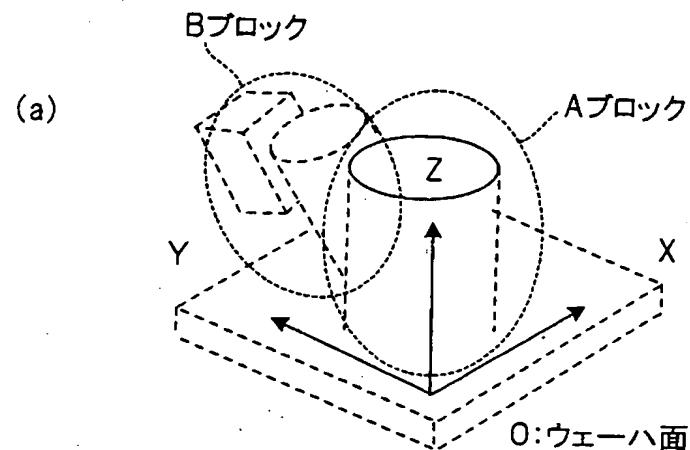
- 8 2 鏡筒の伝達関数
- 8 6 総合伝達関数
- 8 8 直列共振回路の電気的周波数特性
- 8 8 鏡筒の固有モード1の振動成分
- 9 0 アクチュエータの圧力振動

【書類名】 図面

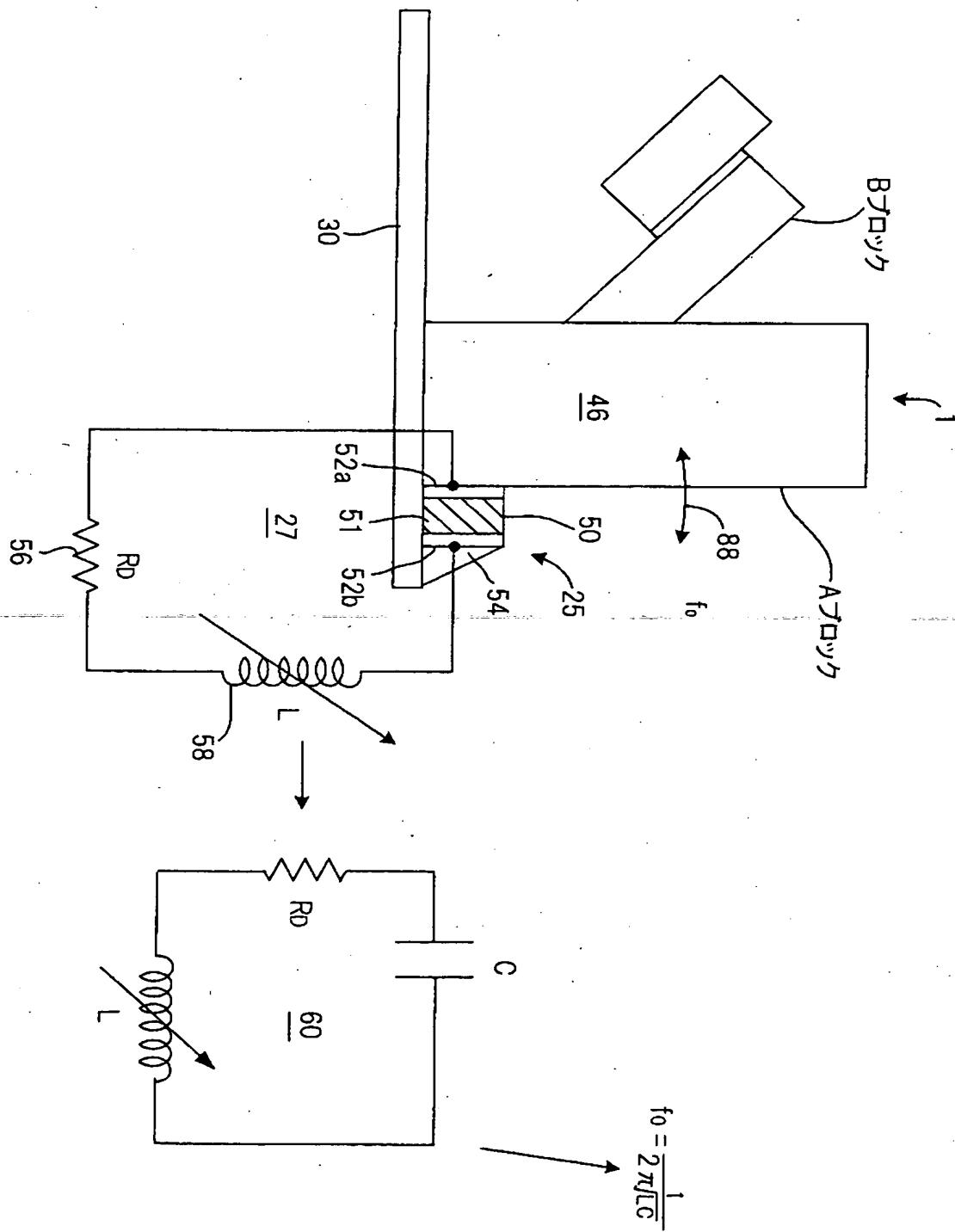
【図1】



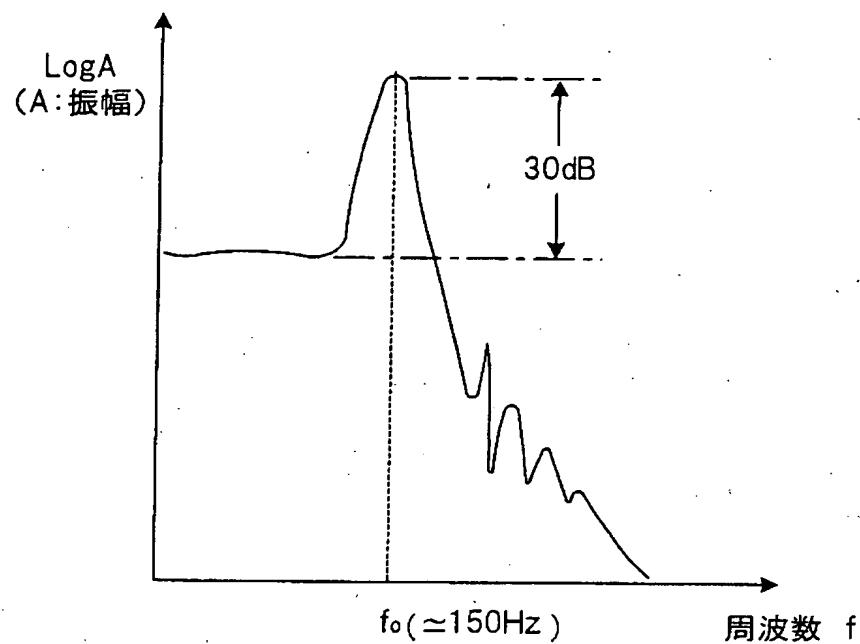
【図2】



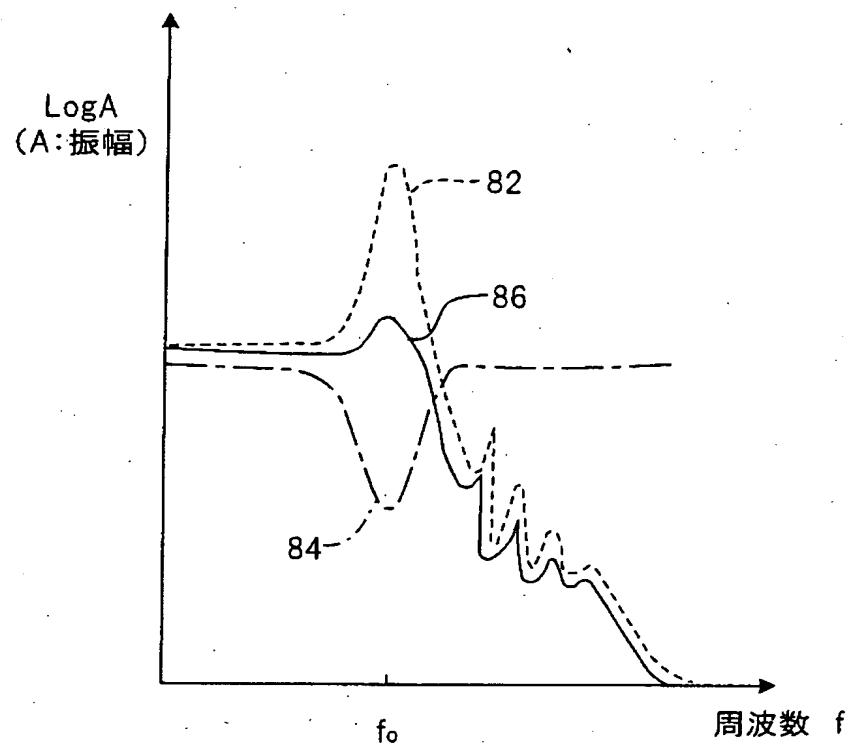
【図3】



【図4】

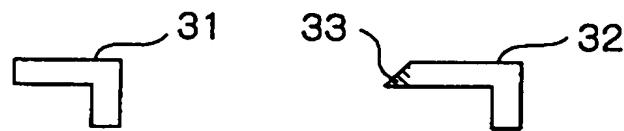


【図5】

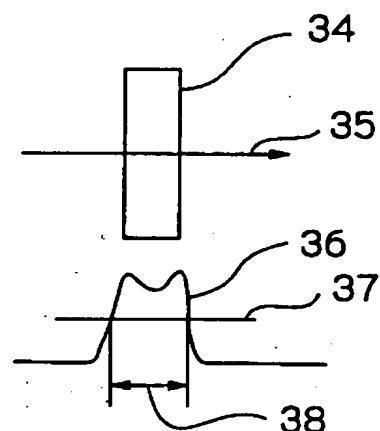


【図6】

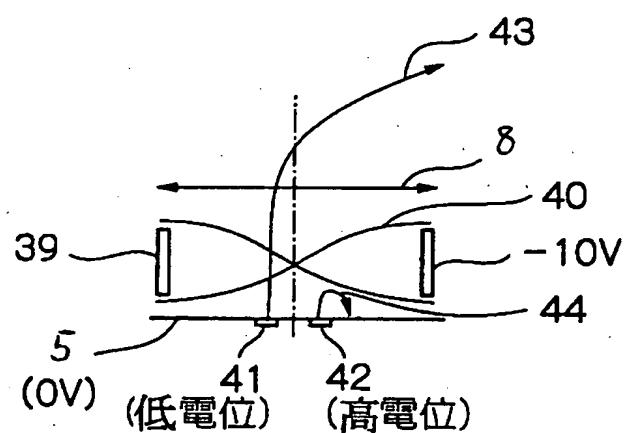
(a)



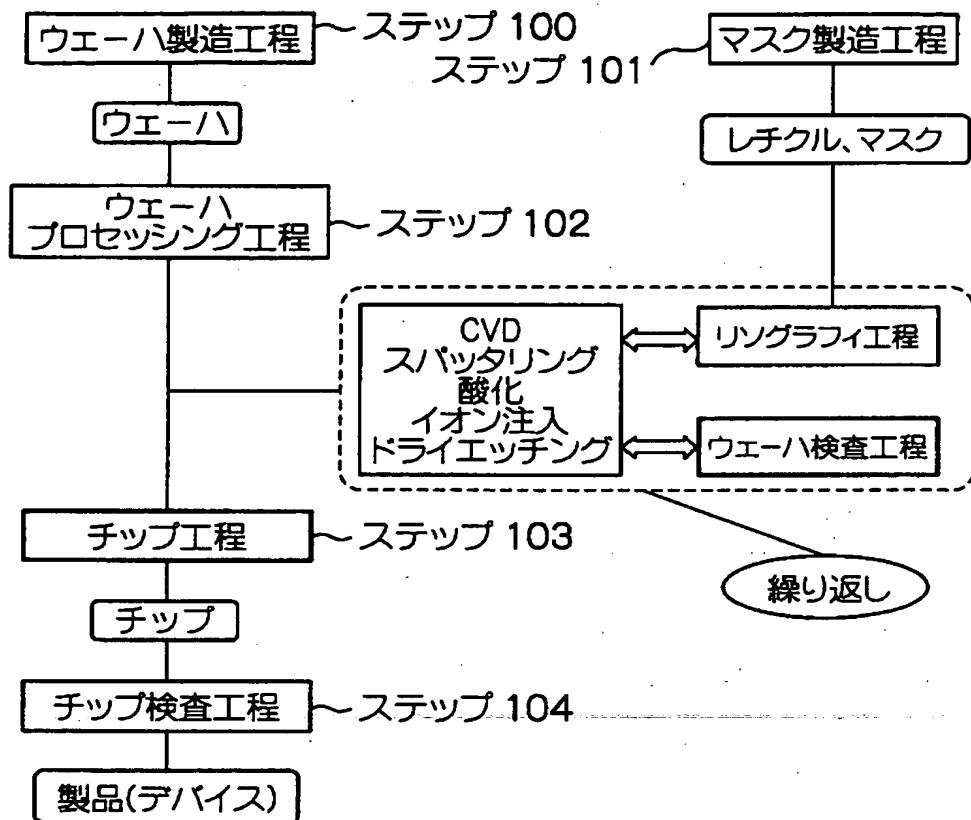
(b)



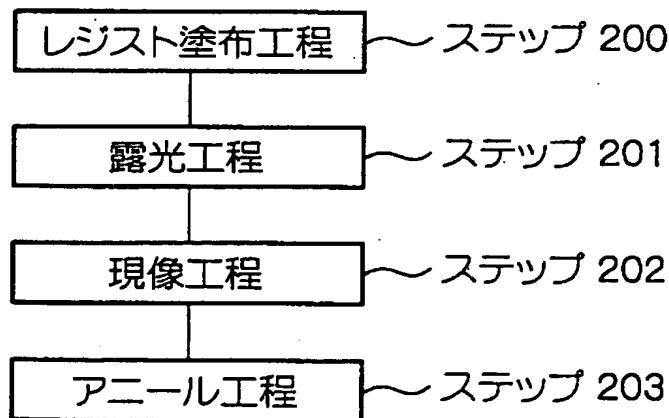
(c)



### 【図7】



【圖 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 機械構造体の不要な振動を、その剛性を向上させなくても、適切に減衰可能とすることにより、設計上の制約の緩和、装置の小型軽量化、経済性の向上を実現させる。

【解決手段】 電子ビームを用いてウェーハ（5）の欠陥検査を行う電子ビーム検査装置（1）の鏡筒（46）の基部に、その固有振動（88）により力を受けるようアクチュエータ（25）を設置する。このアクチュエータ（25）は、静電容量Cの圧電素子50を備え、その両電極（52a, 52b）には、可変インダクタンス58（L）及び抵抗素子56（RD）が直列接続されて直列共振回路（60）が形成される。

【選択図】 図3

出願人履歴情報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号  
氏 名 株式会社荏原製作所